

물질의 개념과 예에 대한 초등학생들의 이해

임희준

Elementary School Students' Understanding of Matter and its Examples

Lim, Heejun

국문 초록

물질은 대표적인 과학의 기본 개념이지만 추상성으로 인해 학생들이 이해하는 데 어려움을 겪는 개념 중 하나이다. 본 연구에서는 초등학생들의 물질에 대한 개념과 물질 및 물질이 아닌 것의 예에 대한 이해를 학년에 걸쳐 조사하고 비교하여 그 특징을 살펴보았다. 연구 대상은 3학년부터 6학년 학생 총 418명이었으며, 자유응답식 설문을 통하여 자료를 수집하였다. 연구 결과 첫째, 물질에 대한 초등학생들의 주요 개념은 ‘물체를 이루는 재료’, ‘보고 만질 수 있는 것’, ‘고체, 액체, 기체에 해당하는 것’이었다. 학년이 올라감에 따라 재료 관점의 설명 비율은 줄어들고, 상태 관점의 설명 비율이 높아지는 경향이 있었으며, 물질을 무게와 부피를 가진 것으로 설명하는 학생은 거의 없었다. 둘째, 학생들이 제시한 물질의 예는 대부분 고체였으며, 고학년으로 갈수록 액체와 기체 상태의 예도 늘어났다. 그러나 오히려 고학년에서 물체와 물질을 구분하지 않는 경우들이 늘어나는 특징이 있었다. 셋째, 물질이 아닌 것의 예로 물체, 액체, 기체가 언급되는 가운데 다른 학년에 비해서 6학년 학생들은 물질이 아닌 것의 예를 더 잘 제시하였다. 마지막으로, 학생들의 물질에 대한 개념은 그들이 제시하는 물질 및 비물질의 예에 영향을 미침을 알 수 있었다.

주제어: 물질, 학생의 이해, 비물질, 물질의 상태, 물체

ABSTRACT

Matter is a basic concept that students should understand during their science classes. However, many difficulties are associated with understanding the concepts of matter due to its abstraction. In this study, the elementary school students' understanding of the concept of matter and the examples of matter and non-matter are investigated and analyzed by grade. The subjects of this study were 418 students from third grade to sixth grade. The survey was conducted using a free-response questionnaire comprising three questions. The results are as follows. First, the elementary school students' conceptions of matter were “materials that make up objects,” “what can be seen and touched,” and “solid, liquid, and gas.” As the grade increased, the explanations for a material decreased and the explanations for the state of matter increased. Furthermore, only few students explained matter in terms of mass and volume. Second, solids were the most common examples of matter presented by the students, and liquids and gases were included in the upper grades. However, there were many cases in the upper grades where students were unable to distinguish between objects and matter. Third, non-matter was properly presented by the 6th graders as compared to the other graders, and in many cases, objects, liquids, and gases were mentioned as non-matter. Fourth, it was found that the students' conceptions of matter influenced the examples of matter and non-matter that they presented.

Key words: matter, students' understanding, material, non-matter, state of matter, object

I. 서론

물질은 학생들이 과학을 배우면서 이해해야 하는 대표적인 기본 개념 중 하나로, 우리 주변의 다양한 물질 세계 및 그 성질과 변화를 이해하기 위해서는 물질 개념에 대한 올바른 이해가 중요하다(Harrison & Treagust, 2002; Liu & Lesniak, 2005). 그런데 ‘물질’이라는 것은 특정 구체물이 아닌 일반적이고도 추상적인 개념이기 때문에 이해하기에 쉽지 않은 개념이다.

물질과 물질이 아닌 것을 구분하는 것은 과학자뿐 아니라 철학자들 사이에서도 오래된 관심과 논쟁이 주제였고 19세기 중반에 와서야 질량을 물질과 비물질을 구분하는 중요한 기준으로 삼게 되었다(McMullin, 1978). 또, 현대 과학에 와서는 파동과 입자의 이중성과 같이 물질과 비물질의 구분은 더욱 불명확해졌지만, 초등 및 중학교 과학 수준에서 물질은 공간을 차지하고 질량/무게를 가지고 있다는 것으로 정의되는 것이 일반적이다(e.g., Ministry of Education Singapore, 2020; NGSS Lead States, 2013). 우리나라의 2015 개정 과학과 교육과정(교육부, 2015)의 경우 물질을 질량과 부피 관점으로 명확하게 정의하고 있지는 않지만 기체가 물질의 한 상태임을 이해시키기 위하여 기체도 공간을 차지하고 무게가 있음을 지도하고 있는 것으로부터 해당 정의를 암묵적으로 제시하고 있다고 볼 수 있다(Krnel et al., 2005).

그러나 이러한 수준의 물질 개념도 상당히 추상적인 것이어서 국내외 여러 연구에 의하면 학생들은 물질 개념을 이해하는 데 많은 어려움을 겪으며 다양한 오개념을 가지고 있는 것으로 나타났다(Hadenfeldt et al., 2014; Liu & Lesnick, 2005). 초등학생의 물질 개념에 대한 다양한 연구를 수행한 Stavy(1991)는 6~13세 학생들은 물질을 물질의 예, 물체, 물질 관련 현상 등으로 다양하게 이해하고 있으며, 물질과 비물질을 잘 구분하고 못하며, 물질을 부피와 질량의 관점에서 설명하는 학생은 많지 않다고 보고하였다. Dickinson(1987)도 학생들은 물체와 물질이 아닌 현상을 구분하고 물질을 정의하는 데 어려움을 가진다고 보고하였고 물질을 우리 주변에 있는 모든 것으로 정의하는 경향이 있다고 하였다. 또한, 학생들이 기체를 물질로 잘 인식하지 못하는 것은 여러 연구에서 보고된 바 있다(Durmus

& Bayraktar, 2010; Eskilsson & Hellden, 2003).

한편, Smith et al.(1997)은 학생들의 물질에 대한 개념을 크게 두 가지 패턴으로 나누었는데, 첫 번째는 물질을 관찰가능하고 만지거나 보거나 느낄 수 있는 것으로 정의하는 것이고, 두 번째는 물질을 보다 추상적으로 정의하는 관점으로 무게가 있고 공간을 차지하는 것으로 정의하는 것이다. 많은 초등학생들은 첫 번째 관점의 물질 개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. Krnel et al.(1998)은 물질 개념의 초기 발달의 핵심 단계는 물체와 물질을 구분하는 것이며, 학생들은 대상을 만지거나 옮기는 등의 행동을 함으로써 대상에 대한 프로토타입을 형성하고, 이를 스키마로 발전시켜 규칙을 발견하는 과정을 통해 물질 개념을 발전시켜 간다고 설명하였다. 또한, 이 과정에서 물체와 물질을 구분하는 중요한 성질이 크기 성질(extensive property)과 세기 성질(intensive property)임을 배워 나감으로써 물체와 물질을 구분해 가는 것으로 물질 개념의 발달의 과정을 설명하였다.

이와 같이 초등학생의 물질 개념에 대한 연구가국의 연구에서는 활발한 것에 반하여 국내에서는 물질에 관한 연구가 많지 않다. 물질 개념과 관련하여 초등 예비교사의 물질 및 물질의 상태에 대한 연구(김도옥, 2018; 박중호, 2018, 최정인과 백성혜, 2000), 물질의 입자성에 대한 중고등학생의 개념 이해(노태희 등, 2010, 신남수 등, 2014)에 관한 연구는 진행되었으나, 초등학생의 물질 개념에 대한 연구는 생각보다 많지 않다. 그리고 진행된 일부 연구들도 물질의 상태 분류를 중심으로 하거나(구영옥과 김효남, 2000; 백성혜 등, 2013; 이을수와 박중호, 2008), 구체적인 화학물질에 대한 이해를 조사한 것(최봉윤 등, 2009), 물질을 관찰하여 성질을 기술하는 연구(구영옥과 김효남, 2000)에 그치고 있으며 학생들이 생각하는 물질 개념이나 물질과 비물질의 예를 조사한 연구는 거의 없다. 또한, 특정 학년에 한정적으로 연구가 진행되었을 뿐 학년의 추이에 따른 물질 개념 이해의 변화를 조사한 연구는 없었다.

우리나라 2015 개정 과학과 교육과정에서는 3~4학년군에서 처음으로 물질이 다루어지며 나무, 철, 플라스틱과 같이 물체를 구성하는 재료(material)의 관점으로 다루어지다가 ‘물질의 상태’, ‘혼합물의 분리’ 단원에서는 물질과 물체의 성질이 혼용되어

제시되기도 한다. 5~6학년군에서는 3~4학년군과는 달리 나무, 철, 플라스틱과 같은 재료로서의 물질(material)은 등장하지 않으며 설탕, 소금, 백반, 산소, 이산화탄소와 같은 물질(substance)이 다양하게 도입된다. 유치원이나 초등학교에서 제시되는 많은 과학 개념들이 중등학교에서는 다루어지지 않거나(백성혜 등, 2000), 물질의 구성 영역에서 초등학교와 중학교 교과서 사이에 내용의 간격이 크고 연계성이 부족하다고 지적한 연구(백성혜 등, 2000)와 유사하게 초등 과학 내에서도 물질 개념에 대한 간극이 존재하는 것이다.

이와 관련하여 선행연구(홍미영과 전경문, 2007)에서는 과학과 교육과정에서 ‘물질’이라는 용어가 교육과정이나 교과서에서 명확하게 정의되지 않은 채로 matter, material, substance 등이 서로 다른 의미로 혼용되고 있어 학생들의 물질에 대한 개념 이해에 어려움을 준다고 말한 바 있다. 7차 과학과 교육과정에 대해 논하고 있는 이 선행연구의 지적은 2015 개정 과학과 교육과정에도 그대로 해당된다. 이는 영어권의 물질 관련된 다양한 용어와는 달리 우리나라에서는 ‘물질’이라는 하나의 단어로 다양한 관점의 물질을 설명하게 되는 언어의 문제와도 관련이 있다. 이는 초등학생의 물질에 대한 국외 연구와는 다른 우리나라만의 독특한 특징이 있을 수 있음을 시사한다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 물질 개념 이해의 어려움에도 불구하고 초등학생의 물질 개념에 대한 연구가 많지 않으며, 교육과정 및 교과서에서의 물질 개념과 예가 3학년에서 도입되기 시작해서 6학년으로 가면서 변화 발전해감에도 학년에 따른 물질 개념의 이해를 조사하여 비교한 연구가 없다는 것에 기초하여 본 연구에서는 초등학생들의 물질 개념과 물질 및 물질이 아닌 것의 예에 대한 이해를 학년에 걸쳐 조사하여 비교하고자 하였다. 본 연구의 구체적인 목표는 다음과 같다.

첫째, 초등학생들은 물질을 어떻게 정의하고 있으며, 학년에 따라 어떤 특징이 있는가?

둘째, 초등학생들이 생각하는 물질과 물질이 아닌 것의 예는 무엇이며, 학년에 따라 어떤 특징이 있는가?

셋째, 학생이 생각하는 물질의 정의에 따라 물질의 예와 비물질의 예에는 어떤 특징이 나타나는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 수도권에 소재한 초등학교의 3~6학년 454명을 대상으로 실시되었으며, 이 중 불성실 응답을 제외한 418명의 응답을 분석하였다. 각 학년마다 최소 2개 학교씩 총 10개의 초등학교로부터 자료를 수집했으며, 학생 자료는 개인 정보를 최소화하여 학교와 학년만을 수집했다. 연구 분석 대상은 3학년 107명, 4학년 112명, 5학년 87명, 6학년 112명이었다.

2. 검사 도구 및 조사 방법

초등학생의 물질 개념을 조사하고, 물질 및 물질이 아닌 것의 예와 그 이유를 알아보기 위하여 세 문항을 포함하는 설문지를 구성하였다. 첫 번째 문항은 “‘물질’이란 무엇인지 설명해 보세요.”로 서술형으로 자유기술하도록 구성하였다. 두 번째 문항은 “‘물질’이라고 생각하는 것 3가지를 쓰고, 그것이 물질이라고 생각한 이유를 써 보세요.”였으며 물질의 예 3가지와 각 예가 물질이라고 생각하는 이유를 각각 쓰도록 표 형태로 제시하였다. 세 번째 문항은 “‘물질이 아니라고 생각하는 것’을 2가지 쓰고, 그것이 물질이 아니라고 생각한 이유를 써 보세요.”였고, 물질의 아닌 것의 예와 그 이유를 쓰도록 제시하였다.

물질과 관련된 선행연구들(백성혜 등, 2013; Stavy, 1991)에서는 주로 물질/물체 등의 목록을 제시하고 학생들이 이를 구분하도록 했던 것에 반해 본 연구에서는 학생들이 스스로 물질과 물질이 아닌 것의 예를 생각해서 쓰도록 하여 학생들의 생각을 좀 더 직접적으로 파악하고자 하였다.

세 문항으로 구성된 서술형 설문을 담당 교사들이 과학 시간을 활용하여 검사를 실시했다. 검사 실시 시기는 2학기 말인 12월이었으며 3학년도 물질 관련 단원을 배우고 난 시기였다. 담당 교사들은 학생들이 최대한 성실하고 솔직하게 본인의 생각을 쓸 수 있도록 안내하였으며, 학생들이 충분한 시간을 할애하여 설문을 작성할 수 있도록 진행하였다.

3. 분석 방법

학생들의 서술한 응답을 분석하기 위하여 각 문항에 대해 학생들이 기술한 내용을 읽고 유사한 응답을 묶어 유형화하는 귀납적인 방법으로 분석을 실시하였다. 첫 번째 문항은 먼저 학생들의 응답을 최대한 상세하게 분류한 후 각 유형에 대한 응답 빈도를 구해보고, Stavy(1991), Smith et al.(1997)의 연구에서 제시된 학생의 물질 개념 유형을 고려하면서 응답 빈도가 낮은 응답들은 유사한 범주의 응답들로 묶어 나가는 방식으로 학생들의 설명 유형을 분류하였다. 응답자 수가 적더라도 설명의 필요가 있는 의미있는 응답의 경우에는 하나의 유형으로 구분하였다. 이러한 과정을 통해 첫 번째 문항인 물질이 무엇인지에 대한 학생 응답은 기타와 무응답을 제외하고 10개의 유형으로 분류하였다. 이 유형에 기초하여 학년별 학생의 응답을 분류하고, 응답자 수 및 해당 유형에 대한 학년별 백분율을 구하였다.

물질과 물질이 아닌 것의 예와 그 이유를 설명하는 문항은 학생이 제시한 예를 모두 코딩하고 이를 유형화하였다. 학생들이 제시한 예들은 유사한 범주들을 묶어 유형화하고, 이 중 다시 대범주로 묶을 수 있는 것들은 대범주로 유형화하였다. 그 결과 최종적으로 Table 1과 같이 ‘고체 전체’, ‘액체 전체’, ‘기체 전체’, ‘기타 물질/물체’, ‘생물’, ‘비물질’ 및 그 하위 개념으로 범주화하여 분석하였다.

3개를 제시하도록 한 물질의 예에 대한 학생 응답은 무응답에서 3개까지 다양했으며, 학생들이 제시한 모든 응답들로부터 각 유형별 빈도 및 전체 응답 수에 대한 해당 유형의 백분율을 구하여 제시하였다. 물질이 아닌 것의 예시도 같은 방식으로 빈도와 백분율을 구하였다. 물질 또는 물질이 아닌 것의 예라고 생각한 이유도 따로 분석하였으며 이는 해당 유형을 설명하는 과정에 활용하였다.

마지막으로 학생들이 생각하는 물질의 정의와 물질 및 물질이 아닌 것의 예시 사이에 관계가 있는지를 살펴보기 위하여 대표적인 물질의 정의에 대하여 주된 예시의 빈도를 정리하여 그 특징을 분석하였다.

Table 1. Categories of matter and non-matter

범주	내용
고체 전체	
고체물질	나무, 플라스틱, 금속 등
고체물체	연필, 책상, 의자 등
고체	구체적인 예시 없이 고체라고 기술한 경우
액체 전체	
액체류	음료, 주스 등
물	액체의 대표적인 예시로 제시되어 따로 구분하여 제시
액체	구체적인 예시 없이 액체라고 기술한 경우
기체 전체	
기체류	산소, 이산화탄소, 질소 등
공기	기체의 대표적인 예시로 제시되어 따로 구분하여 제시
기체	구체적인 예시 없이 기체라고 기술한 경우
기타 물질/물체	
	비정형물체(솜, 젤리 슬라이 등)
	먼지(미세먼지, 황사 등)
	클로이드(안개, 구름 등)
생물	
	사람, 동물, 식물 등
비물질	
	물질현상(열, 바람, 압력 등)
	에너지(빛, 소리, 전기 등)
	시공간(우주, 하늘 등)

III. 결과 및 논의

1. 초등학생의 물질 개념 및 학년에 따른 특징

물질이란 무엇인지 설명해보도록 한 질문에 대한 학생들의 서술형 응답을 학년별로 분석한 결과는 Table 2와 같았다. 먼저 학년 전체로 볼 때, 가장 응답자 수가 많았던 설명은 ‘물질은 물체를 이루는 재료’라는 응답이었고(29.9%), ‘보고 만질 수 있는 것’(20.6%), ‘고체, 액체, 기체에 해당하는 것’(20.3%) 순으로 응답자 수가 많았다. 학년별 특징을 보다 잘 보여 주기 위해서 이들 대표적인 응답에 대한 학년별 비교 결과를 Fig. 1로 나타내었다.

응답자 수가 가장 많았던 ‘물질은 물체를 이루는 재료’라는 설명은 물질을 처음 다루는 초등학교 3학년 교육과정에서 제시되는 설명이다. 그런데 여기서 한 가지 흥미로운 사실은 ‘물체의 재료’라는 응답은 3학년에서 6학년으로 갈수록 학년 내 응답 비율이 확연히 낮아진다는 것이다. 3학년 중에서는 50.5%의 학생이 이러한 응답을 한 반면, 6학년 중에서는 7.1%만이 물질을 물체의 재료로 설명하고

Table 2. Students' explanation of matter

(단위: 명)

내 용	3학년 (n=107)	4학년 (n=112)	5학년 (n=87)	6학년 (n=112)	전체 (N=418)
1. 물체를 이루는 재료	54(50.5%)	45(40.2%)	18(20.7%)	8(7.1%)	125(29.9%)
2. 보고 만질 수 있는 것	19(17.8%)	10(8.9%)	24(27.6%)	33(29.5%)	86(20.6%)
3. 고체, 액체, 기체에 해당하는 것	9(8.4%)	21(18.8%)	25(28.7%)	30(26.8%)	85(20.3%)
4. 형태가 있고 공간을 차지하는 고체	6(5.6%)	3(2.7%)	5(5.7%)	7(6.3%)	21(5.0%)
5. 물체, 물건	3(2.8%)	9(8.0%)	0(0.0%)	8(7.1%)	20(4.8%)
6. 물 같은 것	5(4.7%)	4(3.6%)	2(2.3%)	5(4.5%)	16(3.8%)
7. 세상에 존재하는 모든 것	0(0.0%)	0(0.0%)	2(2.3%)	9(8.0%)	11(2.6%)
8. 물체의 성질	3(2.8%)	4(3.6%)	0(0.0%)	0(0.0%)	7(1.7%)
9. 원자/입자로 이루어진 것	0(0.0%)	0(0.0%)	1(1.1%)	4(3.6%)	5(1.2%)
10. 질량과 부피를 가지고 있는 것	0(0.0%)	1(0.9%)	0(0.0%)	0(0.0%)	1(0.2%)
기타	6(5.6%)	12(10.7%)	8(9.2%)	5(4.5%)	31(7.4%)
무응답	2(1.9%)	3(2.7%)	2(2.3%)	3(2.7%)	10(2.4%)
합계	107(100%)	112(100%)	87(100%)	112(100%)	418(100%)

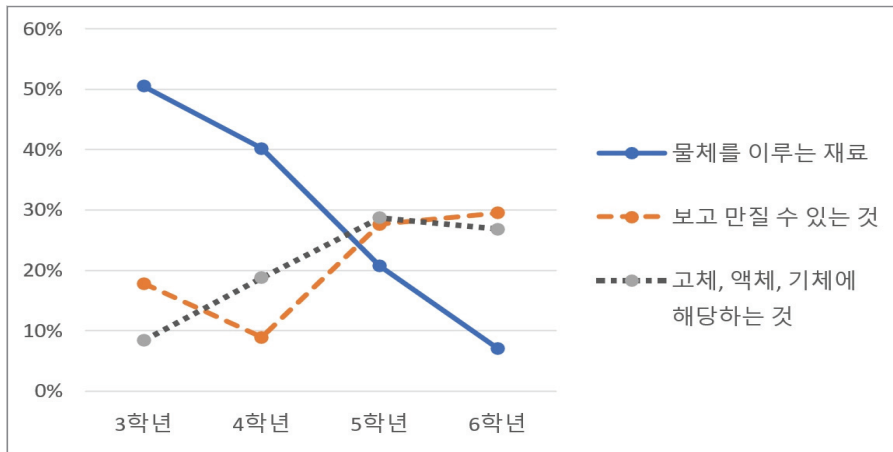


Fig. 1. Comparison by grade for the main response of matter

있었다. 3학년에서는 물질이라는 용어를 처음 접하면서 그 정의를 재료(material)의 관점으로 배우지만, 점차 과학을 배우가면서 물질을 재료 관점으로 생각하는 학생은 줄어들을 알 수 있다.

또한, 이 결과는 물질 개념에서의 대표적인 연구인 Stavy(1991)의 연구와도 차이가 있다. 그 연구에서는 물질/물체의 정의를 설명하기보다는 예시를 제시하거나, 물질/물체는 사람들이 사용할 수 있는 것이라는 설명이 가장 많았고 학생들이 물체와 물질을 구별하지 않는 경우가 많았으며 재료의 관점에서의 설명은 대표적인 응답이 아니었다. 이는 외

국의 초등 교육과정이나 교과서에서는 ‘matter’와 물체의 재료로서의 ‘material’이 구분되어서 사용되는 것에 반해 우리나라에서는 이 둘이 모두 ‘물질’이라는 하나의 용어로 사용되는 것과 관련이 있는 것으로 생각된다. 따라서, 물질의 정의가 material의 관점에서 초등학교 3학년에서 처음 도입되고, 그 이후에는 이 용어가 때로는 material을, 때로는 matter를, 때로는 substance를 의미하는 것으로 혼용되어 사용되기 때문에(홍미영과 전경문, 2007) 영미권 나라 학생들의 물질 개념과는 다른 우리나라 고유의 특징이 생김을 알 수 있다.

두 번째로 응답자 수가 많았던 ‘물질은 보고 만질 수 있는 것’이라는 개념은 Smith et al.(1997)이 제시한 아동의 두 가지 물질 이론 중 초보적인 유형인 보고 만지고 느낄 수 있는 것으로 물질을 이해하는 유형에 해당한다. 또한, Smith et al.(1985)의 연구에서는 3~8세의 어린 학생들은 보고 만질 수 있는 것을 물질로 정의하는 경우가 많고, 8~9세 학생들은 물질을 무게가 있는 것으로 설명하는 경우가 많다고 보고했으나 본 연구에서는 오히려 고학년인 5~6학년에서 물질을 보고 만질 수 있는 것으로 정의하는 경우가 더 많은 것으로 나타났다.

세 번째 대표적인 응답인 ‘물질은 고체, 액체, 기체에 해당하는 것’이라는 설명은 5~6학년에서 응답률이 높아지고 있다는 특징이 있었다. 물질의 상태 개념은 3학년 2학기 때 배우고 4학년의 물의 상태 변화 단원에서도 다루어지는데, 이러한 물질을 상태 개념이 5~6학년 학생들이 물질을 설명하는 대표적인 개념인 것으로부터 고학년 학생들에게 남아 있는 물질의 이미지는 세 가지 상태 중 어떤 상태에 있는 것임을 알 수 있다. 고학년에서 상태 관점에서의 설명이 많은 것은 Stavy(1991)의 연구와도 유사한 결과였다.

위의 세 가지 대표적인 응답 외에 물질은 물체라는 응답(4.8%)이 있었고, 물질이라는 국어 단어 자체에서 기인하는 것으로 보이는 응답으로 ‘물’ 같은 것(‘물’질로 해석), 물체의 성질(물 ‘질’로 해석)이라는 응답들도 있었다. 그리고, 세상에 존재하는 모든 것이 다 물질이라는 응답도 있었고(2.6%), 원자/입자로 이루어진 것이라는 입자적 관점의 응답도 5~6학년에서 나타났으나 교육과정상 초등학교에서 입자를 배우지 않기 때문에 이러한 응답은 매우 소수에 그쳤다.

특히, 물질의 과학적 정의에 해당하는 ‘질량/무게와 부피를 가지고 있는 것’이라는 응답은 본 연구에서는 단 한 건에 그쳤다. 2015 개정 과학과 교육과정에서는 물질을 질량/무게와 부피가 있는 것으로 명시적으로 정의하지는 않지만 기체도 부피와 무게가 있음을 알아보는 실험을 통해 암묵적으로는 물질이란 부피와 질량/무게를 가진 것임을 보여주고 있다. 그러나, 이러한 암묵적 제시를 통해서도 고학년이 되어서도 물질이란 부피와 질량/무게가 있는 것이라는 개념을 거의 갖지 못함을 알 수 있다. 이는 고학년에서는 물질을 질량을 가진 것으로

인식하는 학생들이 많다는 Smith et al.(1985), Krnel et al.(2005)의 연구와는 다른 결과로, 우리나라에서는 고학년에서도 질량/무게와 부피를 고려한 물질 개념을 가진 학생이 거의 없었다는 것은 물질 개념을 설명하는 우리나라 교육과정과 교과서의 내용과 방식에 대해 생각해 볼 필요성을 제기하고 있다.

2. 학생들의 제시한 물질의 예와 학년에 따른 특징

‘물질’이라고 생각하는 것 3가지를 쓰고 그 이유를 설명하라는 문항에 대해 학생들이 제시한 물질의 예에 대한 학년별 빈도 및 학년 내 백분율을 분석한 결과를 Table 3에 제시하였다. 또한, 물질의 예의 대표적인 응답에 대하여 학년별로 비교한 결과를 Fig. 2에 제시하였다.

학생들이 제시한 물질의 예에서 볼 수 있는 첫 번째 특징은 학생들이 물질의 예로 가장 많이 제시한 것은 고체와 관련되었다는 것이다(70.2%). 이 중 나무, 플라스틱, 금속 등의 ‘고체 물질’을 물질의 예로 제시한 응답은 전체의 35.1%, 연필, 책상, 의자 등의 ‘고체 물체’를 물질의 예로 제시한 응답은 31.4%였으며, 구체적인 예 없이 ‘고체’라고만 쓴 응답이 3.7%였다.

우리 주변에서 접할 수 있는 물질 중 가장 흔한 것이 고체임을 고려할 때 고체와 관련된 예가 많이 언급된 것은 충분히 이해할 만하다. 그러나 물질의 예로 물질 못지않게 물체를 제시하는 비율이 높다는 것은 주목할 필요가 있다. 3학년 물질 단원은 물체와 물질의 구분에서부터 시작하며, 이를 구분하는 것은 물질 개념 이해에서 가장 기본적인 목표 중 하나이다. 그런데 학생들이 제시한 응답의 31.4%가 물체라는 사실은 학생들이 물체와 물질의 구분에 그다지 성공적이지 못함을 보여 준다. 특히, 물체와 물질의 구분이 어린 학생인 유치원과 초등 저학년 단계에서의 주된 관심사이며(Krnel et al., 2005) 물질 개념의 발달(learning progression) 단계에서도 초기 단계임을 고려할 때(Hadenfeldt et al., 2014), 물질의 예로 물체를 제시하는 사례가 많음은 물체와 물질의 개념과 그 구분을 좀 더 잘 지도할 필요가 있음을 시사한다.

학생 응답의 두 번째 특징도 고체와 관련이 있는데, 물질의 예로 고체 물체를 제시한 응답이 고학

Table 3. Frequencies of examples of matter suggested by students

(단위: 회, %)

물질의 예	3학년	4학년	5학년	6학년	합계
고체 전체	235(78.3)	212(75.2)	146(62.7)	182(63.0)	775(70.2)
고체물질(나무, 플라스틱 등)	167(55.7)	128(45.4)	55(23.6)	37(12.8)	387(35.1)
고체물체(연필, 책상 등)	63(21.0)	71(25.2)	79(33.9)	134(46.4)	347(31.4)
고체	5(1.7)	13(4.6)	12(5.2)	11(3.8)	41(3.7)
액체 전체	35(11.7)	34(12.1)	49.0(21.0)	55(19.0)	173(15.7)
액체류(음료, 주스 등)	10(3.3)	4(1.4)	8(3.4)	8(2.8)	30(2.7)
물	19(6.3)	17(6.0)	29(12.4)	38(13.1)	103(9.3)
액체	6(2.0)	13(4.6)	12(5.2)	9(3.1)	40(3.6)
기체 전체	21(7.0)	22(7.8)	29(12.4)	37(12.8)	109(9.9)
기체류(산소, 이산화탄소 등)	3(1.0)	4(1.4)	7(3.0)	14(4.8)	28(2.5)
공기	13(4.3)	7(2.5)	9(3.9)	13(4.5)	42(3.8)
기체	5(1.7)	11(3.9)	13(5.6)	10(3.5)	39(3.5)
생물	4(1.3)	3(1.1)	0(0.0)	5(1.7)	12(1.1)
물질 기타 (비정형, 먼지, 콜로이드 등)	4(1.3)	9(3.2)	7(3.0)	7(2.4)	27(2.4)
비물질 (물질현상, 에너지, 시공간 등)	1(0.3)	2(0.7)	2(0.9)	3(1.0)	8(0.7)
합계	300(100)	282(100)	233(100)	289(100)	1104(100)
무응답	3	9	5	3	20

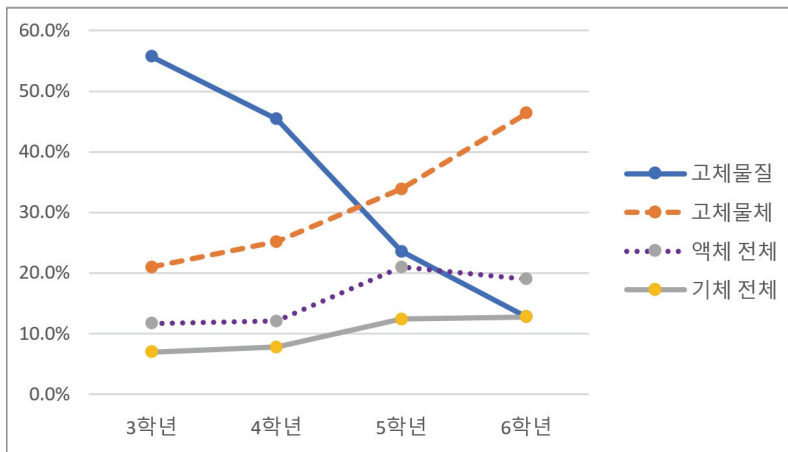


Fig. 2. Comparison by grade for the main response of examples of matter

년으로 갈수록 많아지고, 고체 물질을 제시한 것은 학년이 높아질수록 오히려 낮아졌다는 것이다. ‘고체 물체’를 물질의 예로 제시하는 응답이 3학년에서는 21.0%이지만 학년이 올라갈수록 점점 높아져 5학년은 33.9%, 6학년은 46.4%에 달하고 있다. 반대로 ‘고체 물질’을 물질의 예로 제시하는 응답 비

율은 3학년 55.7%에서 학년이 올라갈수록 점차 낮아져 6학년에서는 12.8%로 줄어들고 있다. 즉, 3학년에서 물체와 물질을 구분하는 것을 배우는데도 오히려 6학년에서 연필, 책상 등을 물질의 예로 제시하는 경우가 많다는 것이다. 이는 물질을 물체의 재료라고 응답한 학생의 비율이 3학년에서 높았던

것과 같이 플라스틱, 나무, 금속 등이 물질이라고 배운 3학년 당시에는 이들을 물체와 구분하여 물질이라고 생각하고 있지만 6학년으로 올라갈수록 재료로서의 물질 개념이 적어지고 상태로서의 물질 개념이 많아지면서 물질과 물체의 구분이 다시 약해지는 것으로 해석할 수 있다.

세 번째 특징은 3~4학년에서는 물질의 예가 고체를 중심으로 제시되는 것에 반해서 5~6학년에서는 액체와 기체의 비중이 저학년에 비해서는 높다는 것이다. 3~4학년에서는 고체를 예로 제시한 것이 75% 이상이고, 액체는 12% 내외, 기체는 7% 내외인데 반해, 5~6학년에서는 고체가 63% 내외, 액체가 20% 내외, 기체가 12% 내외로 액체와 기체를 물질의 예로 제시하는 비중이 높아지고 있다. 이는 학년이 올라갈수록 고체 중심의 물질/물체에서 액체와 기체의 상태로도 물질에 대한 관점이 확대되고 있음을 보여 준다.

이 외에 표에서는 제시하지 않았지만 고학년으로 올라가도 학생들이 제시하는 물질의 예는 다양하지 않다는 특징이 있었다. 3~4학년 교과과정 및 교과서에서는 물질로 플라스틱, 나무, 금속 등과 같은 것을 다루지만 5~6학년에서는 설탕, 소금, 백반, 염산, 산소, 이산화망가니즈 등의 물질로 확장된다. 그럼에도 불구하고 학년이 올라가도 학생들이 물질의 예로 제시하는 것은 대부분 초등학교 3~4학년에서 다루는 수준의 물질에 그치고 있었다. 3~4학년에서는 물질이라는 용어를 사용하지만 5~6학년에서는 substance 자체가 제시되고 물질이라는 용어의 사용이 줄어들게 된다. 이러한 영향으로 고학년에서 다루어지는 물질들을 학생들은 물질이라고 특별히 인식하지 않을 수 있는 가능성이 있다.

이상의 주된 특징 외에 고체 물질/물체로는 다양한 예가 제시되었지만 액체에는 물이 주된 예로, 기체 중에서는 공기가 전형적인 예로 언급되고 있다는 특징이 있었다. 그리고 솜, 슬라임, 젤리와 같은 비정형 물질을 예시로 제시하는 경우가 일부 있었으며(2.4%), 선행연구(Stavy, 1991)와 달리 생물이나 비물질을 물질로 언급하는 경우는 극히 적게 나타났다.

3. 학생들이 제시한 물질이 아닌 것의 예와 학년에 따른 특징

‘물질’이 아니라고 생각하는 것 2가지를 쓰고 그 이유를 설명하라는 질문에 대해 학생들이 제시한 물질이 아닌 것의 예를 분석한 결과는 Table 4에 제시하였고, 물질이 아닌 것의 예의 대표적인 응답을 학년별로 비교한 결과를 Fig. 3에 제시하였다.

학생들이 제시한 물질이 아닌 것의 예에서 볼 수 있는 첫 번째 특징은 물질이 아닌 것으로 비물질을 언급한 비율은 14.9%에 그쳤다는 것이다. 물질이 아닌 것의 예는 물질의 예보다 무응답도 많았으며, 제시한 예 중에서도 실제 비물질은 많지 않아 학생들이 물질이 아닌 것의 예를 생각하는 것이 물질의 예를 생각하는 것보다 쉽지 않았음을 알 수 있다. 그리고 비물질의 예는 3, 4학년보다는 5학년과 6학년에서 많이 제시되었다. 6학년의 응답 중에는 26.8%가 물질이 아닌 것의 예를 타당하게 제시하였다. 물질이 아닌 것, 소위 비물질(non-matter)은 질량/무게와 부피를 가지고 있지 않은 것으로, 본 연구에서 학생들이 물질이 아닌 것으로 응답한 것도 생각(사고, 감정, 상상, 상상의 산물 등, 5.2%), 물질이 나타내는 현상(불, 바람, 압력 등, 4.2%), 에너지(빛, 전기, 소리 등, 3.0%), 시공간(우주, 하늘 등, 1.6%), 언어(말, 글 등, 0.9%) 등이 있었다.

두 번째 특징은 물질이 아닌 것으로 여전히 고체, 액체, 기체 상태의 물질이나 물체가 상당히 많이 제시되고 있으며, 그중 ‘고체 물체’에 대한 응답이 특히 높았다는 것이다. 그리고 그 이유는 이미 물질로 이루어진 ‘물체’이고 다른 것의 재료가 아니기 때문이라는 것이었다. 이러한 응답은 3학년에서 가장 많았으며 6학년으로 갈수록 현격히 줄어들고 있었다. 3학년 학생들은 물질은 물체를 구성하는 재료이며, 물체는 이미 물질들로 이루어져 있기 때문에 물질이 아니라고 응답한 것이다. 물체와 물질의 구분의 관점에서는 이 설명은 타당하다고 볼 수 있다. 그리고 다행히 이러한 관점은 학년이 올라가면서 줄어들고 있다. 그러나 우리 주변에는 물질뿐만 아니라 물질로부터 비롯된 현상이나 물질이 아닌 대상들도 많이 있다. 따라서 학생들이 세상을 물질과 물체로만 바라보는 관점은 물질과는 다른 비물질도 있음을 인식하는 시각으로 확장될 필요가 있다. 아울러 물질과 물체로 시각이 한정되는 것에 물질이 질량/무게와 부피를 가진 것으로

Table 4. Frequencies of examples of non-matter suggested by students

(단위: 회, %)

	3학년	4학년	5학년	6학년	합계
고체 전체	85(45.9)	79(47.9)	40(29.4)	18(11.8)	222(34.7)
고체물질(나무, 플라스틱 등)	2(1.1)	18(10.9)	4(2.9)	1(0.7)	25(3.9)
고체물체(연필, 책상 등)	81(43.8)	61(37.0)	35(25.7)	15(9.8)	192(30.0)
가루(밀가루, 설탕 등)	2(1.1)	0(0.0)	1(0.7)	2(1.3)	5(0.8)
액체 전체	24(13.0)	18(10.9)	16(11.8)	20(13.1)	78(12.2)
액체류(음료, 주스 등)	6(3.2)	2(1.2)	4(2.9)	3(2.0)	15(2.3)
물	17(9.2)	13(7.9)	11(8.1)	17(11.1)	58(9.1)
액체	1(0.5)	3(1.8)	1(0.7)	0(0.0)	5(0.8)
기체 전체	21(11.4)	41(24.8)	26(19.1)	37(24.2)	125(19.6)
기체류(산소, 이산화탄소 등)	1(0.5)	8(4.8)	1(0.7)	13(8.5)	23(3.6)
공기	19(10.3)	27(16.4)	22(16.2)	23(15.0)	91(14.2)
기체	1(0.5)	6(3.6)	3(2.2)	1(0.7)	11(1.7)
생물	20(10.8)	10(6.1)	20(14.7)	21(13.7)	71(11.1)
기타 물질/물체 (비정형, 먼지, 콜로이드 등)	16(8.6)	5(3.0)	11(8.1)	16(10.5)	48(7.5)
비물질	19(10.3)	12(7.3)	23(16.9)	41(26.8)	95(14.9)
생각(사고, 감정, 상상 등)	1(0.5)	2(1.2)	9(6.6)	21(13.7)	33(5.2)
물질현상(불, 바람, 압력 등)	9(4.9)	5(3.0)	6(4.4)	7(4.6)	27(4.2)
에너지((빛, 전기, 소리 등)	3(1.6)	2(1.2)	6(4.4)	8(5.2)	19(3.0)
시공간((우주, 하늘 등)	5(2.7)	0(0.0)	2(1.5)	3(2.0)	10(1.6)
언어(말, 글 등)	1(0.5)	3(1.8)	0(0.0)	2(1.3)	6(0.9)
합	185(100)	165(100)	136(100)	153(100)	639(100)
없다	0	0	1	3	4
무응답	8명	18명	14명	20명	59명

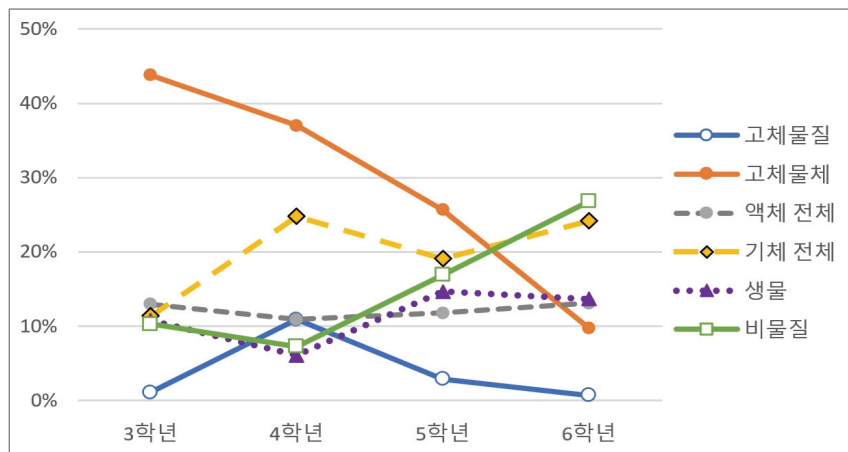


Fig. 3. Comparison by grade for the main response of examples of non-matter

다루어지지 않는 것이 이유가 될 수 있음을 고려할 필요가 있다.

세 번째 특징은 물질이 아닌 것으로 액체(12.2%)와 기체(19.6%)에 대한 언급이 많다는 것이다. 물질의 정의나 예시에서 살펴보았듯이 물질을 고체 상태의 것으로 인식하는 경우가 많기 때문에 형태가 일정하지 않고 잡을 수 없는 액체나 볼 수도 만질 수도 없는 기체 상태의 것을 물질이 아닌 것으로 생각하고 있음을 알 수 있다.

네 번째 특징은 생물(11.1%), 비정형 물질이나 콜로이드 등(7.5%)을 물질이 아니라고 인식하는 것이었다. 생물은 물질과 비물질로 구분하자면 물질이지만 교과 영역에서도 물질 영역과 생명 영역을 구분하고 있는 만큼, 학생들이 물질이 아닌 것으로 많이 인식한다. 그러나 생물도 물질로 이루어져 있는 것이 안내될 필요는 있다. 또 학생들은 고체, 액체, 기체로 명확하게 구분되지 않는 비정형 물질/물체인 솜, 슬라임, 그리고 형태의 변형이 가능한 고무, 플라스틱, 종이도 물질이 아니라고 인식하는 경우가 있었으며, 구름이나 안개, 미세먼지와 같은 콜로이드성 물질도 물질이 아닌 것으로 인식하고 있었다. 이러한 물질들에 대해서는 학생들이 물질의 상태를 설명하지 못한다는 연구들은 많이 보고되었지만(백성혜 등, 2000), 물질의 상태뿐만 아니라 물질 자체가 아닌 것으로 인식되고 있다는 것도 주목할 필요가 있다.

4. 학생들이 제시한 물질 개념에 따른 물질 및 물질이 아닌 것의 예

학생들이 제시한 물질의 정의가 그들이 생각하는 물질 및 물질이 아닌 것의 예와 관련이 있는지를 살펴보기 위해서, 학생들이 제시한 대표적인 물질의 정의 세 가지에 대해서 해당 학생들이 물질 및 물질이 아닌 것의 예로 제시한 것을 살펴보았다. Table 5에 제시된 결과를 보면 물질의 정의에 따라 학생들이 물질 및 물질이 아닌 것의 예로 제시하고 있는 것이 차이가 있음을 알 수 있다.

첫째, 물질을 ‘물체의 재료’로 설명하고 있는 학생들이 물질의 예로 제시한 것은 43.5%가 ‘고체 물질’이었다. 이에 반해 물질이 아닌 것으로 제시한 예는 이 정의에 따라 고체 상태의 ‘물체’였다(37.8%). 앞서 설명한 바와 같이, 물질은 물체의 재료인데, 물체는 이미 물질로 이루어진 것이고 무엇인가의 재료가 아니기 때문에 물질이 아니라는 것이다. 즉, 물체의 재료로서의 정의가 강조되는 개념에서는 물질 및 물질이 아닌 것의 예가 물체와 물질의 구분에 맞춰져 있음을 볼 수 있다.

둘째, ‘보고 만질 수 있는 것’으로 물질을 정의하고 있는 학생들이 물질의 예시로 가장 많이 제시한 것은 ‘고체 물체’였다(38.0%). 그리고 물질이 아닌 것의 예로는 ‘액체’(21.2%)와 ‘기체’(27.3%)가 다른 정의에서보다 훨씬 많아서 보고 만질 수 있는 것은 고체라는 생각을 하고 있음을 알 수 있다. 또한, 그들의 물질 개념에 따라 보고 만질 수 없는 비물질

Table 5. Examples of matter and non-matter by representative explanation of matter

(단위: 회, %)

구분	물질 개념			
	예	물체의 재료	보고 만질 수 있는 것	물질의 상태
물질인 것	고체 물질	293(43.5)	31(7.8)	19(5.8)
	고체 물체	18(2.7)	151(38.0)	47(14.4)
	액체 전체	23(3.4)	15(3.8)	68(20.8)
	기체 전체	14(2.1)	6(1.5)	64(19.6)
	기타 물질	1(0.1)	6(1.5)	6(1.8)
	비물질	0(0.0)	0(0.0)	1(0.3)
물질이 아닌 것	고체 물질	7(2.0)	1(0.8)	4(3.6)
	고체 물체	132(37.8)	8(6.1)	6(5.4)
	액체 전체	20(5.7)	28(21.2)	2(1.8)
	기체 전체	19(5.4)	36(27.3)	5(4.5)
	생물	13(3.7)	14(10.6)	34(30.4)
	기타물질	3(0.9)	9(6.8)	15(13.4)
	비물질	16(4.6)	25(18.9)	33(29.5)

을 제대로 제시한 비율도 적지 않았다(18.9%).

셋째, ‘물질의 상태(고체, 액체, 기체) 같은 것’으로 물질을 설명한 학생들에게서 나타난 특징은 고체뿐만 아니라 액체와 기체도 물질로 생각하고 있는 비율이 많았다는 것이다(각각 20.8%, 19.6%). 또한, 이 정의에 의해서는 물질이 아닌 것으로 비물질을 정확하게 언급한 비율도 29.5%로 상당히 높았다. 그리고 생물은 고체, 액체, 기체로 설명하기가 어렵거나 또는 살아있는 것은 물질이 아니라는 이유에서 ‘생물’을 물질이 아닌 것으로 응답한 비율도 30.4%로 다른 응답에서보다 비율이 높았다.

이러한 결과는 학생들이 생각하는 물질의 정의가 무엇이나에 따라 그것에 수반되는 물질 및 물질이 아닌 것의 예도 달라짐을 보여준다. 물체의 재료로서 물질을 정의하는 관점에서는 물체와 물질의 구분에 사고가 집중되어 있는 반면, 오히려 물질에는 고체, 액체, 기체 상태가 있다는 관점이 다양한 물질의 종류를 고려하는 데는 도움이 될 수 있음을 알 수 있다.

IV. 결론 및 제언

물질은 학생들이 과학을 배우면서 이해해야 하는 대표적인 기본 개념이지만 그 추상성으로 인해 이해에 많은 어려움이 있다. 이러한 물질 개념 이해의 어려움에도 불구하고 우리나라에서는 초등학교의 물질 개념에 대한 연구가 많지 않고, 학년에 따른 물질 개념의 이해를 비교한 연구가 없다. 이에 기초하여 본 연구에서는 초등학교 학생들의 물질에 대한 개념과 물질 및 물질이 아닌 것의 예에 대한 이해를 학년에 걸쳐 비교하여 그 특징을 살펴보고, 물질 개념 지도에 대한 시사점을 얻고자 하였다.

본 연구에서 조사된 초등학교 학생들의 대표적인 물질 개념은 ‘물체를 이루는 재료’, ‘보고 만질 수 있는 것’, ‘고체, 액체, 기체에 해당하는 것’이었다. 물질을 ‘물체의 재료’로 설명하는 응답은 3학년에서 가장 많았고, 학년이 올라갈수록 점차 줄어들고 있었으며, 이는 3학년에서는 물체와 물질을 구분하고 물질이라는 용어를 처음 배우면서 이를 물체를 구성하는 재료(material)의 관점으로 배우지만, 이러한 관점은 학년에 올라가면서 약화됨을 알 수 있었다. 물질을 ‘보고 만질 수 있는 것’으로 물질을 설명하는 비율은 3, 4학년보다 5, 6학년에서 높아 비교적

물질에 대한 초보적인 관점으로 설명되는 물질 개념을 고학년들도 상당히 가지고 있음을 알 수 있었다. 그리고 상태의 관점에서 물질을 설명하는 관점도 학년이 올라갈수록 많아지고 있었다.

학생들이 제시한 물질의 예를 살펴본 결과, 학생들이 제시한 물질의 예는 대부분 고체였으며, 3학년은 나무, 플라스틱과 같은 고체 물질을 예시로 많이 언급한 것에 반해, 오히려 6학년으로 갈수록 연필, 의자와 같은 고체 물체를 물질의 예로 제시한 경우가 많았다. 그리고 저학년에서는 고체 중심으로 물질의 예를 들고 있었으나 고학년으로 갈수록 물질의 예를 고체 상태에 국한하지 않고 액체와 기체 상태도 포함시키고 있어 물질의 범위는 학년에 따라 확장되어 감을 알 수 있었다. 다만, 물체와 물질의 구분은 물질 개념 발달의 가장 기본적인 단계이며 우리 교육과정에서도 3학년에서 물체와 물질의 구분을 다루고 있는데 이러한 구분이 고학년에서 다시 약화되는 결과는 추후 연구를 통하여 좀더 면밀하게 그 현상과 이유를 살펴볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

학생들이 제시한 물질이 아닌 것의 예로는 학년이 올라갈수록 비물질이 제대로 언급되고 있는 경향이 있었다. 그러나 3학년의 경우 물질이 아닌 것을 물체로 제시하는 등 물질과 물체의 관점에만 국한된 사고를 많이 보였다. 또한, 물질이 아닌 것으로 액체와 기체를 언급하는 경우가 모든 학년에서 적지 않게 나타나 물질의 범주를 고체로 국한시키지 않도록 지도할 필요가 있다.

특히, 학생들의 물질에 대한 개념은 그들이 제시하는 물질 및 비물질의 예에 영향을 미침을 알 수 있었다. 학생들이 가지고 있는 대표적인 물질 개념은 대체로 어느 것도 틀린 개념은 아니다. 또한, 학생들은 이들 개념을 상호보완적으로 함께 가지고 있을 수도 있다. 다만, 초등학교 3학년부터 학교 과학을 통하여 물질을 가르치면서 연구자이자 교육자로서의 우리가 학생들이 가지기를 기대하는 물질 개념은 무엇인가에 대한 것은 함께 생각해 볼 필요가 있다. 물질은 일반적으로 질량과 부피를 가지고 있는 것으로 정의되며, 이러한 관점에서 물질은 비물질과 구분된다. 그러나 본 연구에서는 질량과 부피의 관점으로 물질을 설명한 학생이 거의 없었다. 물질을 배우는 초기 단계에서는 재료로서의 물질을 다루더라도 6학년에 이르러서는 질량과 부피의 관점에서 물질을 파악할 필요가 있으며 그 과

정에서의 물질 개념의 전이와 발전이 순조롭게 이루어질 수 있도록 물질과 관련된 초등학교 과학의 내용과 순서가 조직될 필요가 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

교육부(2015). 2015 개정 과학과 교육과정. 교육부.

구영욱, 김효남(2000). 초등학교 2학년 학생들의 물질에 관한 이해. *초등과학교육*, 19(1), 113-129.

김도욱(2018). 의미네트워크를 활용한 초등학교 예비교사들의 물질 개념체계 분석. *초등과학교육*, 37(1), 39-53.

노태희, 한수진, 박지애(2010). 물질의 입자성과 관련된 학생들의 오개념에 대한 중등 교사들의 지식과 인식. *한국과학교육학회지*, 30(1), 42-53.

박종호(2018). 물질, 계절 변화에 대한 예비초등, 초등, 중등 교사들의 개념 비교. *수산해양교육연구*, 30(1), 167-175.

백성혜, 조부경, 김효남(2000). 유치원, 초등, 중등학교 과학 교재의 ‘물질의 성질’ 관련 학습 내용 전개에 대한 특징 분석. *한국과학교육학회지*, 20(4), 527-541.

백성혜, 최정인, 박은주(2013). 초등학교 3학년 “물질의 상태” 단원에 제시된 예의 기능별 유형 분석 및 학생들의 이해. *한국과학교육학회지*, 33(7), 1273-1284.

신남수, 고은정, 최취임, 정대홍(2014). Learning Progression을 적용한 중고등학생의 “물질의 입자성”에 관한 지식과 미시적 표상에 대한 특성 분석. *한국과학교육학회지*, 34(5), 437-447.

이을수, 박종호(2008). 초등학생 및 교사들의 물질 상태에 대한 개념 조사. *교과교육학연구*, 12(1), 183-199.

이재원, 이병진, 노태희(2018). 물질의 특성에 대한 중학생의 거시적 개념과 미시적 개념의 비교. *대한화학회지*, 62(3), 243-252.

최봉윤, 김성규, 공영태(2009). 초등학교 6학년 학생들의 화학물질에 대한 이해도 조사. *교과교육학연구*, 13(2), 233-256.

최정인, 백성혜(2015). 물질의 세 가지 상태에 대한 개념 변화에 초등교사들의 토론이 미치는 영향과 분류활동 결과의 분석. *대한화학회지*, 59(4), 320-335.

홍미영, 전경문(2007). 제7차 과학과 교육과정에서 물질 개념에 대한 고찰. *대한화학회지*, 51(1), 65-72.

Dickinson, D. K. (1987). The development of a concept of material kind. *Science Education*, 71 (4), 615-628.

Durmuş, J., & Bayraktar, Ş. (2010). Effect of conceptual change texts and laboratory experiments on fourth grade students’ understanding of matter and change concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 19(5), 498-504.

Eskilsson, O., & Hellden, G. (2003). A longitudinal study on 10-12-year-olds’ conceptions of the transformations of matter. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(3), 291-304.

Hadenfeldt, J. C., Liu, X., & Neumann, K. (2014). Framing students’ progression in understanding matter: a review of previous research. *Studies in Science Education*, 50(2), 181-208.

Harrison, A., & Treagust, D. (2002). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. In J. Gilbert, O. de Jong, D. F. van Driel, & J. H. van Driel (Eds.), *Chemical education: towards research-based practice* (pp. 189-212). Dordrecht: Kluwer.

Krnel, D., Watson, R., & Glazar, S. A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of ‘matter’. *International Journal of Science Education*, 20(3), 257-289.

Krnel, D., Watson, R., & Glazar, S. A. (2005). The development of the concept of ‘matter’: A cross-age study of how children describe materials. *International Journal of Science Education*, 27, 367-383.

Liu, X., & Lesniak, K. M. (2005). Students’ progression of understanding the matter concept from elementary to high school. *Science Education*, 89(3), 433-450.

McMullin, E. (1978). *The concept of matter in modern philosophy*. Notre Dame, IN: University of Notre Dame Press.

Ministry of Education Singapore (2020). *Science Syllabuses Lower Secondary Express Course Normal (Academic) Course: Implementation starting with 2021 Secondary One Cohort*. 2020 Curriculum Planning and Development Division.

NGSS Lead States (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. The National Academies Press. Washington, D.C.

Smith, C., Carey, S., & Wisner, M. (1985). On differentiation: A case of the development of the concept of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177-237.

Smith, C., Maclin, D., Grosslight, L., & Davis, H. (1997). *Teaching for understanding: A study of students’ preinstruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and Density*. *Cognition and Instruction*, 15(3), 317-393.

Stavy, R. (1991). Children's ideas about matter. *School Science and Mathematics*, 91(6), 240-244.